

GENERACION AUTOMATICA DE DISTRIBUCIONES EN PLANTA: PARTE II

JACINTO CANIVELL

*Profesor del Departamento de
Expresión Gráfica Arquitectónica
de la Escuela Superior de Arquitectura
de la Universidad de Sevilla*

RESUMEN

Con este artículo se completa la descripción del método de generación automática de distribuciones en planta iniciado en un artículo anterior de esta misma revista. En este se exponen los algoritmos desarrollados para la generación, representación gráfica y optimización automática, de todas las soluciones de distribuciones en plantas que satisfacen las restricciones impuestas por el diseñador.

SUMMARY

This paper completes the description of the automatic generation layout method, which was initiated in a paper previously published in this bulletin. We explain the algorithms that have been developed for the generation, graphic representation and automatic optimization of the floor-plan layout satisfying the restrictions imposed by designer.

INTRODUCCION

Describiremos en este artículo un procedimiento capaz de generar y optimizar, automáticamente, todas las distribuciones de adyacencia, orientación y geométricas, impuestas por el diseñador. Este procedimiento complementa al ya expuesto en un artículo anterior², mediante el cual se generaba de forma interactiva una solución de distribución en planta que satisfacía las condiciones requeridas. Ambos procedimientos, pues, constituyen un proceso amplio y coherente de diseño de distribuciones de edificios en planta asistido por ordenador.

El método que desarrollaremos a continuación está compuesto de las fases siguientes:

- 1) Generación de todas las soluciones distintas que cumplen con las condiciones impuestas.
- 2) Trazado geométrico de las soluciones de distribución generadas.

Recibido: Enero 1987

- 3) Formulación de la función objetivo.
- 4) Introducción de las condiciones métrico-geométricas de la planta y los locales. Serán aquellas que limitan superior o inferiormente las dimensiones y superficies de la planta y los locales.
- 5) Obtención automática de las expresiones que reflejan la condición de rectangularidad de las estancias.
- 6) Elaboración automática de las expresiones que traducen las condiciones de accesibilidad entre locales.
- 7) Resolución del problema de optimización.

Recordemos que en el procedimiento descrito con anterioridad, se introducían inicialmente las relaciones de adyacencia y orientación que se consideraban más importantes, y a continuación —a la vista del trazado de una planta que cumpla con dichos requisitos—, se continuaba imponiendo nuevas relaciones entre los distintos locales hasta que se considerase oportuno. Todos estos requisitos quedaban reflejados en un grafo de adyacencia G .

Pasemos, pues a describir detalladamente cada una de las fases.

GENERACION DE ESQUEMAS ADIMENSIONALES

Una vez ampliado el grafo de adyacencia inicial con todos los requisitos introducidos a lo largo del proceso anterior, y habiendo garantizado la planaridad del mismo, podemos obtener ya todos los esquemas de distribución que cumplan todas las restricciones impuestas hasta el momento.

Para ello, hemos de obtener el dual D del grafo de adyacencia G , grafo que ha de estar triangulado para que la representación de su dual responda a un esquema de distribución en planta donde todos los locales sean rectangulares. En el caso de que el grafo no fuese triangulado, recurriríamos a la obtención de su pseudo-dual, tal y como se describe en².

No obstante, el dual de un grafo *triangulado* no posee una única representación en el plano que responda a una distribución de locales con forma rectangular, dado que pueden existir aristas del dual que admitan más de una orientación (horizontal o vertical), como puede apreciarse en el ejemplo de la Figura 1.

Así pues, vamos a describir a continuación un procedimiento original que genera todas las representaciones en el plano de un grafo dual dado. Dicho procedimiento incluye los siguientes pasos:

Obtención de aristas del dual con orientación fija

Aquellas aristas del grafo dual D que dada su posición respecto de las demás no admitan más que una orientación (horizontal o vertical) las llamaremos *aristas orientadas*. En caso contrario, las denotaremos como *no orientadas*.

Veamos a continuación en qué casos —como propone Guilleard⁵— la orientación de una arista queda fijada:

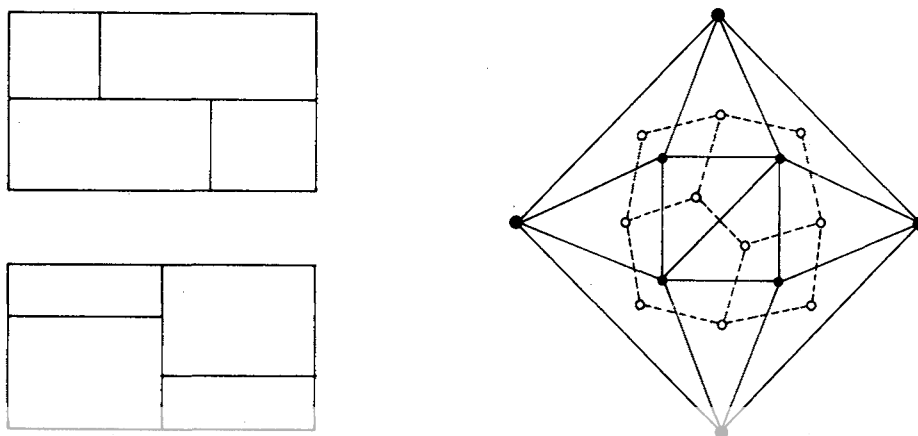


Figura 1.

- Son aristas orientadas las pertenecientes al perímetro exterior, es decir, todas aquellas que unan centros de caras del grafo de adyacencia G en las que aparezcan uno de los cuatro vértices N, S, E, O (Figura 2a).
- Siempre que sobre un vértice del dual de valencia tres, incidan dos aristas con la misma orientación, la tercera arista queda con una orientación fija perpendicular a las anteriores (Figura 2b).
- Si sobre un vértice del dual D con valencia cuatro incide una arista orientada, la orientación de las tres restantes quedan fijadas (Figura 2c).
- Si una cara del dual D de valencia cuatro posee orientadas más de una de sus aristas, la orientación de las restantes queda fijada (Figura 2d).
- Si una cara del dual D posee dos o más aristas orientadas es posible, en determinados casos, orientar las restantes (Figura 2e).

En la Figura 3 proponemos un ejemplo de grafo cuyo dual posee una única representación en el plano, pues, mediante la aplicación de los casos anteriormente mencionados, sus aristas quedan todas con una orientación fija.

Generación de soluciones admisibles

La generación de todos los esquemas adimensionales, que cumplan con todos los requisitos impuestos, sigue un proceso ramificado de exploración de todos aquellos vértices del dual sobre los que incidan aristas no orientadas.

Dado que el número de soluciones distintas aumenta, de forma considerable, con el número de aristas no orientadas, se ofrece la posibilidad de fijar las orientaciones de todas aquellas particiones (aristas) que se deseen.

El algoritmo podríamos describirlo del siguiente modo:

- Por cada vértice del dual alcanzado en la búsqueda, se consideran todos los estados de orientaciones compatibles de sus aristas no orientadas. Cada estado de orientación del vértice constituye una bifurcación en el proceso ramificado de búsqueda.

Estos estados de compatibilidad son los siguientes:

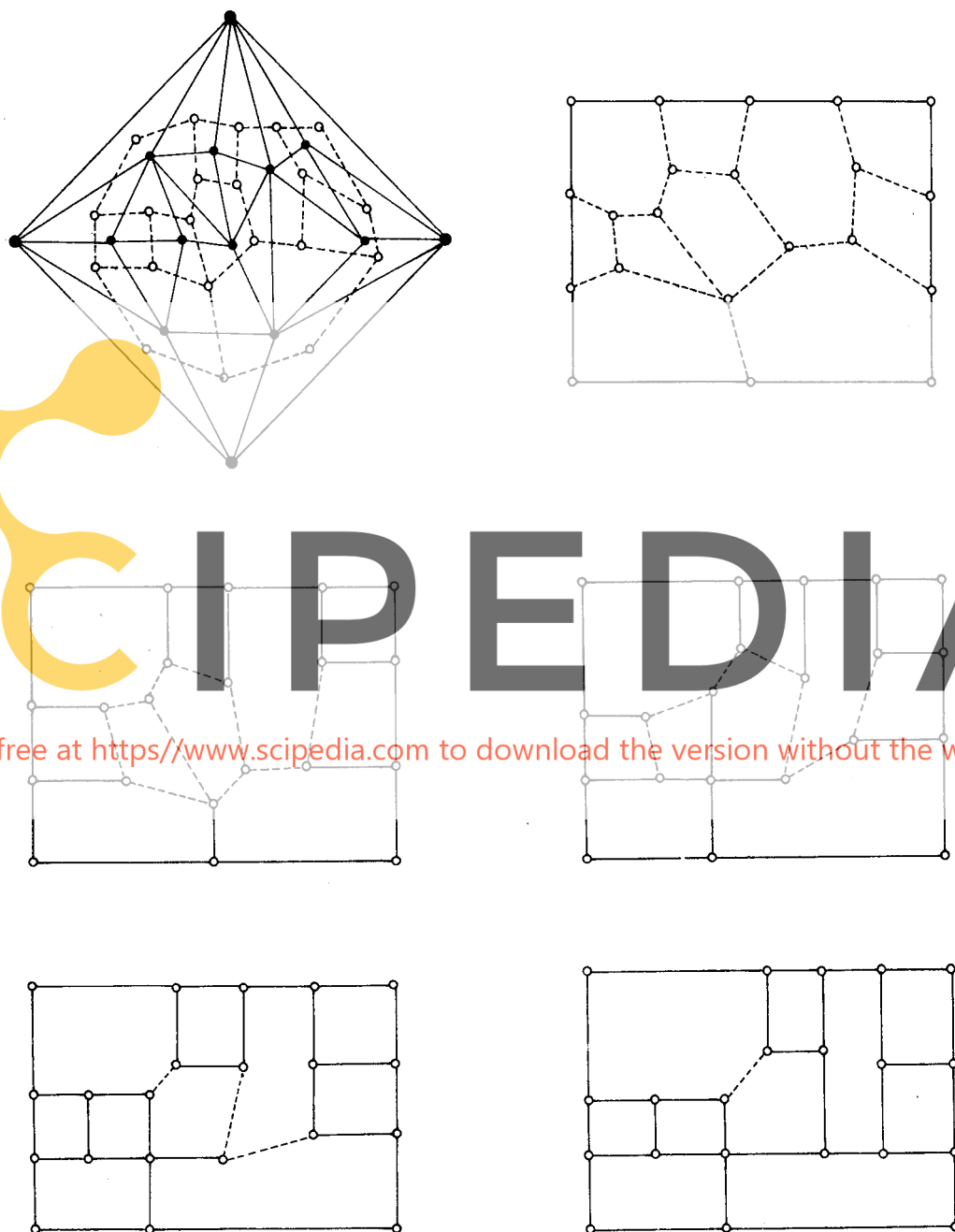


Figura 2.

- a) Vértices de valencia tres: admiten sólo seis estados compatibles de orientación de sus aristas. Sea el vértice u y sus adyacentes v_1 , v_2 , v_3 , es decir,

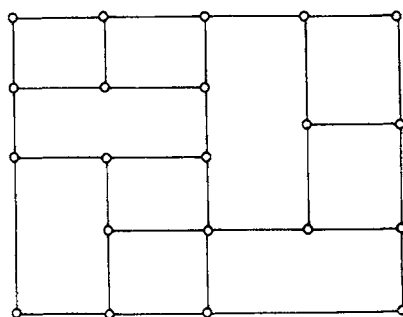


Figura 3.

$ADY-C(u) = \{v_1, v_2, v_3\}$; los estados de compatibilidad posibles de las aristas que inciden sobre el vértice u serían:

Estados →	1	2	3	4	5	6
(u, v_1)	V	V	H	H	H	V
(u, v_2)	V	H	V	H	V	H
(u, v_3)	H	V	V	V	H	H

b) Vértices de valencia cuatro: admiten únicamente dos estados. Si $ADY-C(u) = \{v_1, v_2, v_3\}$; entonces:

Estados →	1	2
(u, v_1)	V	H
(u, v_2)	H	V
(u, v_3)	V	H
(u, v_4)	H	V

c) Caras: si recorremos ordenadamente las aristas de las caras del dual D , el número de cambios de orientaciones a lo largo del recorrido ha de ser igual a cuatro para estancias rectangulares, tal y como se observa en la Figura 4.

2) Por cada arista (u, v) que se oriente desde el vértice u se comprueba:

- Si su orientación implica la de otras aristas en el vértice v , y así sucesivamente.
- Si estas orientaciones inducidas son compatibles con el estado de orientación de los vértices sobre los que incide y de las caras a que pertenece. En caso de

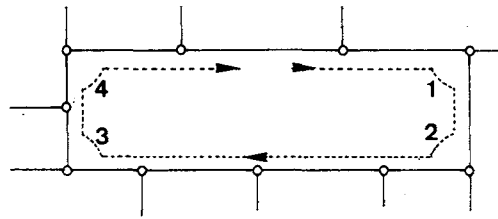


Figura 4.

incompatibilidad, se abandonaría la exploración de esa rama para continuar por otra.

- 3) Cuando se logre alcanzar un estado del dual D —mediante la repetición de los pasos 1 y 2—, tal que todos sus vértices tengan sus aristas orientadas, pasaremos entonces a su representación gráfica. Cada uno de estos estados daría origen a una solución posible y, por tanto, a un esquema de distribución distinto.

El dimensionamiento óptimo y automático de cada uno de los esquemas de distribución en planta puede realizarse, si se desea, conforme éstas son generadas. Por consiguiente, anteriormente se habrán definido las dimensiones (máxima o mínima) de todas las estancias, así como el criterio de optimización que se requiera para su dimensionamiento. Esta fase de optimización dimensional será descrita más adelante.

En la Figura 6 se ilustra la generación de los posibles trazados planos del dual propuesto en la Figura 3.

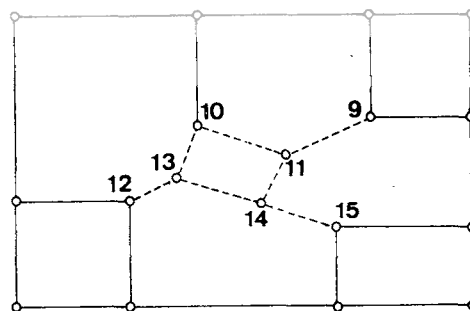


Figura 5.

TRAZADO DE LOS ESQUEMAS ADIMENSIONALES

El procedimiento para el trazado geométrico de los esquemas generados, es una adaptación original del propuesto por Tutte (1963) para el dibujo en dos dimensiones de un grafo planar.

En síntesis, el algoritmo propuesto por Tutte se desarrolla según los pasos siguientes:

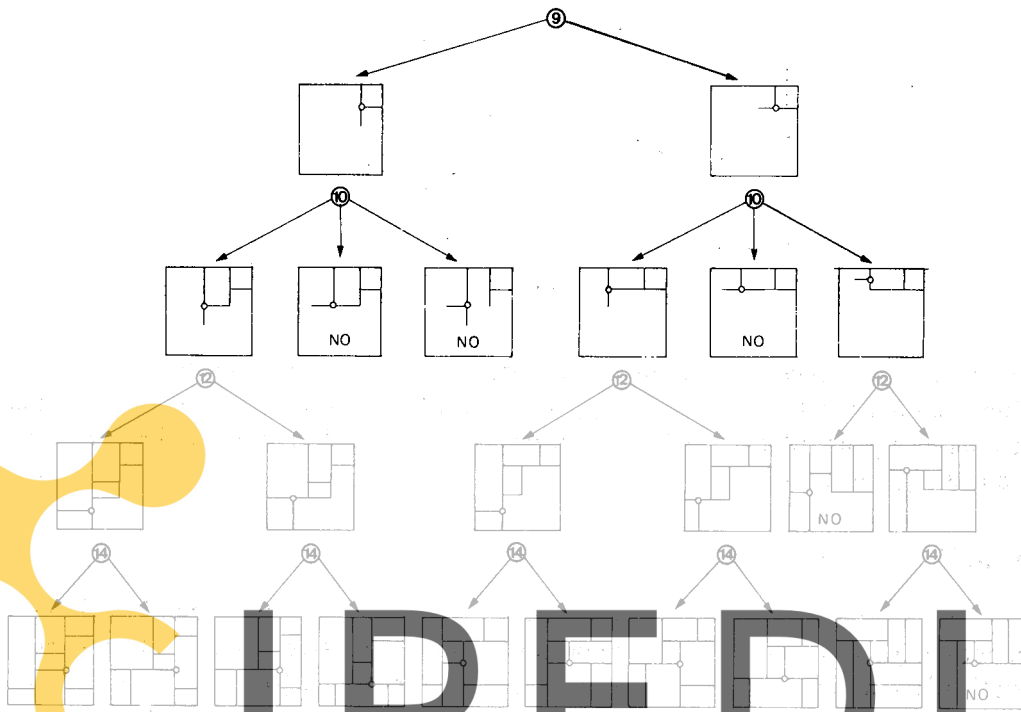


Figura 6.

a) Generación de un circuito formado por la cara exterior.

b) Asignación de coordenadas fijas a los vértices de dicho circuito, de modo que sus aristas configuren un polígono convexo en el plano.

c) Obtención de las coordenadas de los restantes vértices mediante el planteamiento y resolución de los siguientes sistemas de ecuaciones, para un vértice $v_i(x_i, y_i)$:

$$b_i x_i = \sum_{j=1, |v|} a_{ij} x_j$$

$$b_i y_i = \sum_{j=1, |v|} a_{ij} y_j$$

siendo:

(a_{ij}) : matriz de adyacencia del grafo.

b_i : valencia del vértice v_i .

$|v|$: número de vértices.

Si este procedimiento lo aplicamos al grafo dual (o al pseudo dual), obtendremos —fijando las coordenadas de los vértices pertenecientes al perímetro exterior sobre un rectángulo— el trazado que se observa en la Figura 7.

No obstante, aplicando el citado algoritmo obtenemos unas orientaciones arbitrarias para las aristas del dual, y por tanto, unas direcciones arbitrarias para

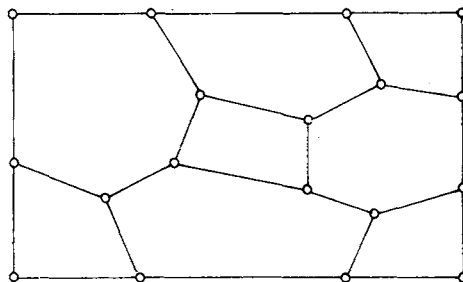


Figura 7.

los muros, particiones o tabiques. Por esta razón, proponemos un procedimiento original que evita esta circunstancia, y nos permite visualizar el trazado de todas las distribuciones generadas en la fase anterior. Dicho procedimiento, se desarrolla en los tres pasos siguientes:

Obtención de las clases

Particionamos el conjunto de las aristas del grafo dual en dos clases: las horizontales y las verticales. De forma que: una arista pertenece a la clase horizontal (o vertical), si su orientación ha sido fijada como horizontal (o vertical) (Figura 8).



Figura 8.

Obtención de las subclases

Sean $\{H\}$, $\{V\}$ las clases *horizontales* y *verticales* obtenidas anteriormente y establezcamos en cada una de ellas la siguiente relación: dos aristas ah_j , $ah_j \in \{H\}$ —o av_j , $av_j \in \{V\}$ — son equivalentes, si existe una ruta en $\{H\}$ —o $\{V\}$ — que las una. De esta forma, $\{H\}$ y $\{V\}$ quedan divididas en subclases de equivalencia $\{HP\}_k$ y $\{VP\}_k$ correspondiendo cada una de ellas a las distintas particiones horizontales y verticales del esquema de distribución en planta a trazar (Figura 9).

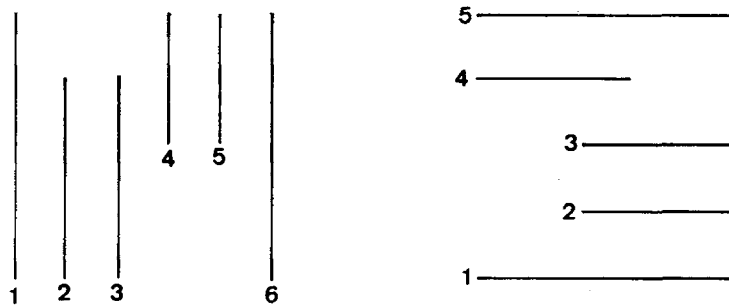


Figura 9.

Trazado de las subclases verticales y horizontales

El trazado de cada uno de los esquemas de distribución se efectuará a partir del cálculo de las coordenadas de los vértices del dual que representan los puntos de encuentro de las particiones o tabiques, es decir, de los vértices pertenecientes a cada subclase vertical u horizontal.

Para el cálculo de las coordenadas de los vértices de cada subclase necesitamos definir las relaciones de adyacencia de cada una de ellas. Definamos para ello los siguientes conceptos:

- a) Entenderemos por *extremo* de una subclase, el vértice de comienzo de la ruta que recorra todas sus aristas en un solo sentido. Este sentido se fija el mismo para todas las subclases (Figura 10).

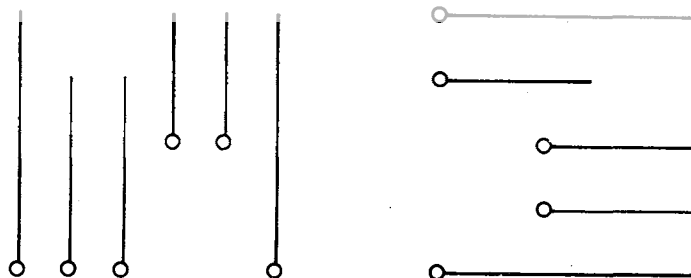


Figura 10.

- b) Una subclase horizontal (o vertical) es adyacente a otra si el extremo de la primera es adyacente a un vértice cualquiera de la segunda (Figura 11).

En ese caso las coordenadas X de todos los vértices pertenecientes a la subclase vertical $\{VP\}_i$ serán la solución del sistema de ecuaciones:

$$i = 1, n : \quad b_i x_i = \sum_{j=1, n} v_{ij} x_j$$

y las coordenadas Y de los vértices pertenecientes a la subclase horizontal $\{HP\}_i$:

$$i = 1, m : \quad b_i y_i = \sum_{j=1, m} h_{ij} y_j$$

siendo:

- n número de clases verticales.
- m número de clases horizontales.
- b_i valencia de la subclase i .
- v_{ij} matriz de adyacencia de las subclases verticales.
- h_{ij} matriz de adyacencia de las subclases horizontales.



Figura 11.

Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark

FUNCION OBJETIVO

En esta parte del procedimiento que proponemos se realiza el dimensionamiento óptimo y automático de los esquemas de organizaciones espaciales en planta que se han generado anteriormente. La resolución de este problema obliga, pues, a emplear métodos de optimización, es decir, métodos que permitan calcular los valores que han de tener las distintas variables que intervienen en el problema, por la naturaleza de la función objetivo y de las restricciones impuestas a la misma. Utilizaremos únicamente restricciones y funciones objetivos lineales o aproximadas linealmente; de esta forma emplearemos la potente técnica de la programación lineal en la resolución rápida y eficiente del problema de optimización.

Analicemos, por tanto, las funciones objetivo que van a ser consideradas en el problema de dimensionamiento, así como las expresiones matemáticas que lo representan.

La función objetivo considerada es una expresión lineal muy general que engloba todos los casos posibles que se plantean. Su expresión sería la siguiente:

$$\text{Min.} \quad \sum c_i x_i + \sum d_i y_i$$

Variando convenientemente los coeficientes c_i , d_i —costes o pesos— podremos conseguir:

- a) Minimizar una de las dos dimensiones del contorno, haciendo igual a cero todos los pesos excepto el c_1 o el d_1 :

$$\text{Min. } x_1 \quad \text{o} \quad \text{Min. } y_1$$

- b) Minimizar el perímetro exterior. En este caso la función objetivo se convertiría en:

$$\text{Min. } c_i x_i + d_i y_i$$

Si $c_1 = d_1$ la forma del contorno tendería a ser de proporción cuadrada, en caso contrario se primaría una de las dos dimensiones.

- c) Minimizar cualquier dimensión o el perímetro de un local i , o de varios locales.

Como puede apreciarse, no se incluye ninguna expresión que contemple la minimización del área, pues como ya hemos indicado, pretendemos aprovechar la potencia y efectividad de la programación lineal para la resolución del problema de optimización. Consideramos que las funciones objetivos que se proponen producen unos resultados de esquemas de plantas ya dimensionados, con una aproximación suficiente para el fin que se pretende: generar todas las soluciones de esquemas de distribución en planta que satisfagan unas condiciones de adyacencia y dimensionales previamente impuestas.

RESTRICCIONES METRICO-GEOMETRICAS

Estas restricciones son las que traducen las limitaciones métrico-geométricas impuestas por el operador a cada uno de los locales que componen la distribución espacial en planta, y pueden ser las siguientes:

- a) Dimensiones máximas y mínimas de cada local i :

$$d_i \leq x_i \leq D_i$$

$$d_i \leq y_i \leq D_i$$

- b) Área máxima y mínima de cada local i

$$s_i \leq x_i y_i \leq S_i$$

Este último tipo de restricciones automáticamente se aproximan linealmente mediante la sustitución de cada rama hiperbólica —que representa cada limitación superficial— por cuatro rectas secantes, como se ilustra en la Figura 12.

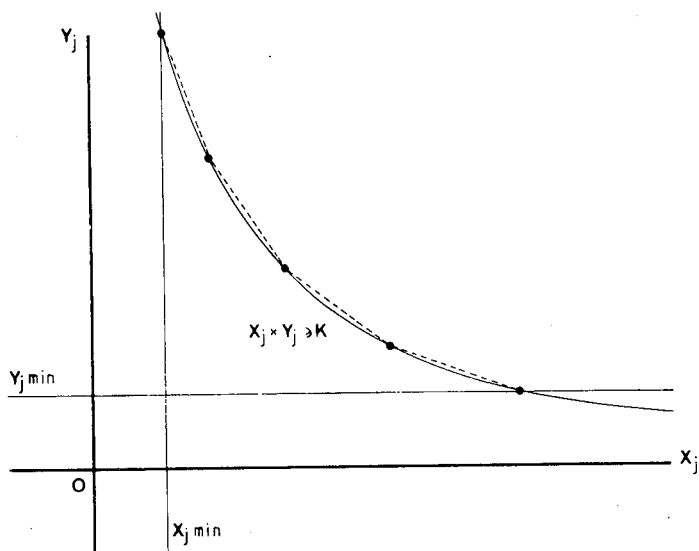


Figura 12.

RESTRICCIONES DE RECTANGULARIDAD DE PLANTA Y LOCALES

Como su propio nombre indica, con este tipo de restricción se logra que la organización espacial en planta —ya dimensionada—, cumpla con la condición de que todos los espacios que la componen, así como el contorno, tengan forma rectangular; en el caso de contorno de planta no rectangular, se considera automáticamente que su contorno es un rectángulo circunscrito a dicha planta irregular (Figura 13).

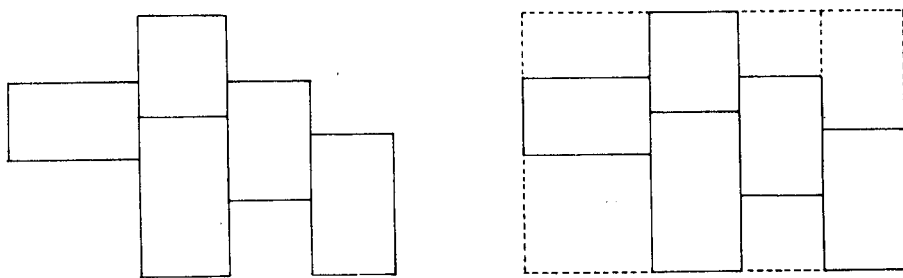


Figura 13.

Para obtener las expresiones de las restricciones de rectangularidad hemos de descomponer, previamente, el grafo de adyacencia G en dos grafos dirigidos, uno vertical GV y otro horizontal GH . Esta división se realiza del modo siguiente:

Sea la arista $(v_m, v_n) \in G$ y su correspondiente arista (C_j, C_l) en el dual D , entonces:

$$(v_m, v_n) \in GH \text{ si } (C_j, C_l) \in \{H\}$$

o

$$(v_m, v_n) \in GV \text{ si } (C_j, C_l) \in \{V\}$$

En la Figura 14 se ilustra cuáles serían los grafos dirigidos vertical y horizontal correspondientes a un determinado grafo de adyacencia.

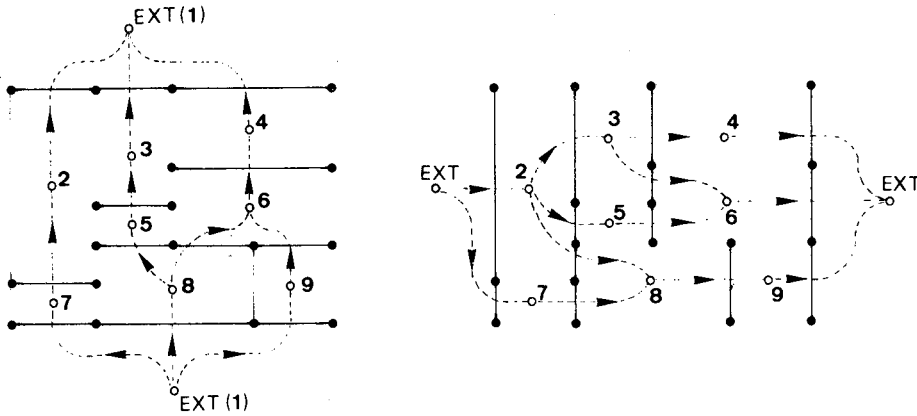


Figura 14.

Hay que hacer notar que los sentidos de las aristas del grafo de adyacencia G y las de su dual D se encuentran ligados por la forma en que se obtuvo el dual², por tanto, si orientamos las aristas del dual en un sentido, quedan orientadas las de G y viceversa (Figura 15).

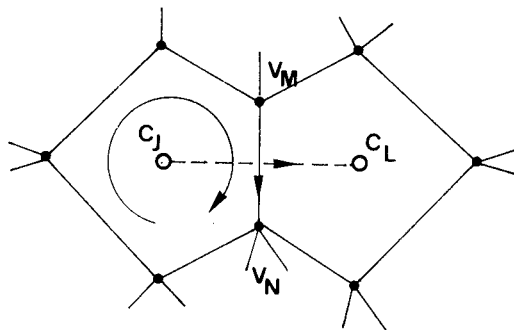


Figura 15.

Así pues, si $X(C_j)$, $Y(C_j)$ son las coordenadas x e y obtenidas del vértice $C_j \in D$ en el trazado del dual, y orientamos las aristas del dual D de forma que:

$$ah_i = (C_j, C_l) \rightarrow X(C_j) < X(C_l)$$

$$av_i = (C_j, C_l) \rightarrow Y(C_j) < Y(C_l)$$

y teniendo en cuenta que tanto la planta como todos los locales han de ser rectangulares, se ha de cumplir entonces para cada subclase horizontal $\{HP\}_k$:

$$\text{si } \{HP\}_k = \{ah_1, ah_2, \dots, ah_p\} :$$

$$\sum_{m=1,p} x_m - \sum_{n=1,p} x_n = 0$$

siendo $ah_i = (C_j, C_l) \rightarrow (v_{im}, v_{in}) \in GH \rightarrow x_m, x_n$.

Del mismo modo, para cada subclase vertical $\{HP\}_k$:

$$\text{si } \{VP\}_k = \{av_1, av_2, \dots, av_q\} :$$

$$\sum_{m=1,q} y_m - \sum_{n=1,q} y_n = 0$$

siendo $av_i = (C_j, C_l) \rightarrow (v_{im}, v_{in}) \in GV \rightarrow y_m, y_n$.

Las restricciones de rectangularidad obtenidas a partir de los grafos dirigidos horizontal y vertical, respectivamente, del grafo de la Figura 18 serían:

Para las clases horizontales:

$$\begin{aligned} x_1 - (x_2 + x_3 + x_4) &= 0 \\ x_4 - x_6 &= 0 \\ x_3 - x_5 &= 0 \\ x_5 + x_6 - (x_8 + x_9) &= 0 \\ x_2 - x_7 &= 0 \\ x_7 + x_8 + x_9 - x_1 &= 0 \text{ (sobra)} \end{aligned}$$

Para las clases verticales:

$$\begin{aligned} y_1 - (y_7 + y_2) &= 0 \\ y_7 + y_2 - (y_8 + y_5 + y_3) &= 0 \\ y_8 - y_9 &= 0 \\ y_5 + y_3 - (y_6 + y_4) &= 0 \\ y_9 + y_6 + y_4 - y_1 &= 0 \text{ (sobra)} \end{aligned}$$

De esta forma obtendremos las $(h-1) + (v-1)$ ecuaciones que nos definen las restricciones debidas a la rectangularidad de la planta y locales, siendo h y v el número de subclases o particiones horizontales y verticales respectivamente.

ACCESIBILIDAD ENTRE LOCALES

Con este tipo de restricciones se pretenden establecer los requisitos de comunicación de los locales a través de huecos de paso con una anchura mayor que la que se entiende como mínima. La accesibilidad, pues, entre dos locales adyacentes depende de la dimensión de la partición o tabique común a ambos: si esta dimensión es mayor o igual que 1 metro, diremos que dichos locales son accesibles entre sí (Figura 16).

Por lo tanto, si dos locales adyacentes han de ser además accesibles, se elaborarán unas inecuaciones, a partir del análisis de las subclases horizontales y verticales, que nos definan esta condición. Para ello, procederemos del siguiente modo:

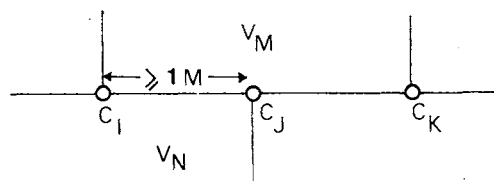
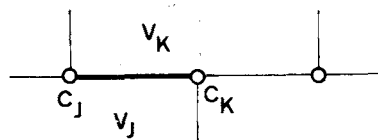


Figura 16.

Si (v_j, v_k) es la arista de GH correspondiente a la arista del dual (C_j, C_k) — orientada y con el sentido impuesto anteriormente, designaremos al vértice v_j como local inferior de (C_j, C_k) , y lo denotaremos:

$$\begin{aligned} \text{LOC}_{\text{inf}}(C_j, C_k) &= v_j \\ \text{LOC}_{\text{sup}}(C_j, C_k) &= v_k \end{aligned}$$



Sea $\{HP\}_k$ una subclase horizontal cualquiera, cuyas aristas, ordenadas según la coordenada x en el plano de sus vértices extremos y leídas de izquierda a derecha, son:

$$\dots, (C_i, C_j), (C_j, C_k), (C_k, C_l), \dots$$

tal y como se ilustra en la Figura 17, se cumple que:

$$\begin{aligned} \text{si } \text{LOC}_{\text{inf}}(C_i, C_j) <> \text{LOC}_{\text{inf}}(C_j, C_k) &\rightarrow \sum X_{\text{SUP}k} - \sum X_{\text{INF}j} \geq 1, \quad (A) \\ \text{si } \text{LOC}_{\text{inf}}(C_j, C_k) <> \text{LOC}_{\text{inf}}(C_k, C_l) &\rightarrow \sum X_{\text{INF}k} - \sum X_{\text{SUP}j} \geq 1, \quad (B) \\ \text{si } \text{LOC}_{\text{sup}}(C_i, C_j) <> \text{LOC}_{\text{sup}}(C_j, C_k) &\rightarrow \sum X_{\text{INF}k} - \sum X_{\text{SUP}j} \geq 1, \quad (C) \\ \text{si } \text{LOC}_{\text{sup}}(C_j, C_k) <> \text{LOC}_{\text{sup}}(C_k, C_l) &\rightarrow \sum X_{\text{SUP}k} - \sum X_{\text{INF}j} \geq 1, \quad (D) \end{aligned}$$

siendo:

- $\sum X_{\text{SUP}k}$ la suma de las longitudes de todos los locales superiores que están situados a la izquierda de la partición vertical límite que contiene al vértice C_k del dual.
- $\sum X_{\text{INF}j}$ la misma suma que en el caso anterior, pero referida a los locales inferiores.
- El término independiente 1 nos indica la longitud mínima del hueco de paso entre dos locales.

En definitiva, para las subclases horizontales obtenemos unas inecuaciones del tipo:

$$\pm \sum X_{\text{SUP}k} \mp \sum X_{\text{INF}j} \geq 1$$

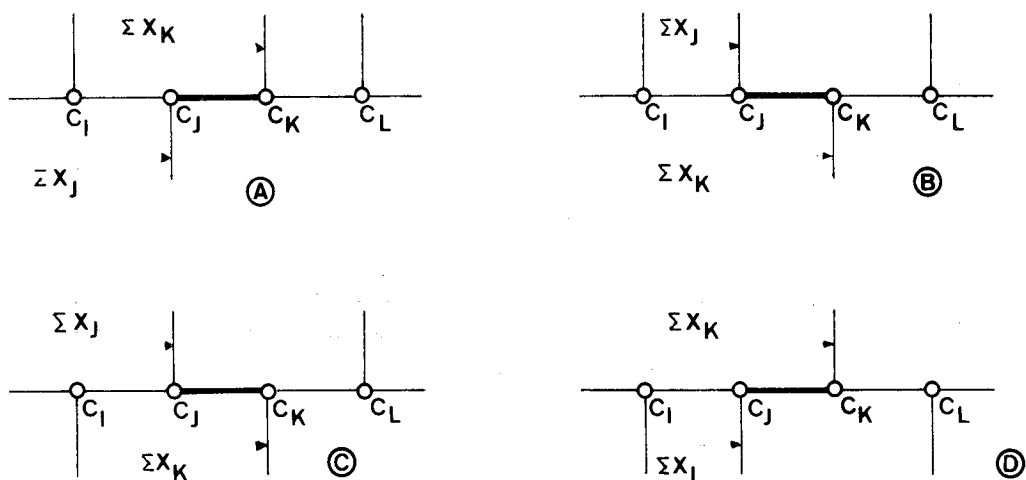


Figura 17.

que nos definen la longitud mínima de adyacencia entre dos locales que han de ser accesibles entre sí.

Siguiendo el mismo razonamiento con las subclases verticales, llegaríamos a las inecuaciones:

$$\pm \sum Y_{SUPk} \mp \sum Y_{INFj} \geq 1$$

Para el ejemplo ilustrado en la Figura 12, las restricciones de accesibilidad serían:

$$\begin{aligned} x_8 - x_5 &\geq 1 & y_8 - y_7 &\geq 1 \\ y_6 - y_5 &\geq 1 \end{aligned}$$

RESOLUCION DEL PROBLEMA DE OPTIMIZACION

La estructura general del problema sería:

Min. $C X$

s.a. $A X = 0$ (rectangularidad de planta y locales)
 $B X \geq 1$ (Accesibilidad)
 $X \geq D$ (Métrico-geométrica)
 $X \leq E$ (Métrico-geométrica)

Por la naturaleza de las restricciones y de la función objetivo planteadas, el problema de la optimización se resuelve mediante el clásico método de programación lineal del "Simplex".

CONCLUSIONES

Este trabajo supone un complemento al desarrollado con anterioridad², mediante el cual se obtenía de forma interactiva una distribución en planta que satisfacía todos los requisitos impuestos por el operados.

Este procedimiento, en suma, aporta al proceso global las siguientes características:

- 1) Genera y traza todas las soluciones posibles de las distribuciones en planta que cumplen con las restricciones introducidas por el operador.
- 2) Dichas distribuciones generadas, pueden tener un contorno irregular y espacios vacíos interiores, sugiriendo al diseñador nuevas formas de plantas distintas a la rectangular.

En cuanto a nuevos algoritmos aportados originalmente por este trabajo podemos destacar los siguientes:

- 1) Generación de esquemas adimensionales. Se presenta un método que genera todas las posibles representaciones planares del grafo dual mediante la consideración de los estados compatibles de orientación de sus aristas.
- 2) Trazado del grafo dual. Se desarrolla un método, a partir del propuesto por Tutte para el trazado en el plano de un grafo planar, que obtiene la representación gráfica del esquema adimensional de distribución en planta generado.
- 3) Paso automático de la etapa adimensional a la dimensional. Dicha transición se efectúa mediante un algoritmo que permite la obtención automática de las restricciones debidas tanto a la rectangularidad de los locales como a las de accesibilidad entre los mismos, a partir de un esquema adimensional de distribución en planta generado.

En el dimensionamiento de los esquemas distributivos, se ha considerado la programación lineal como el método idóneo por su potencia en la resolución de problemas de optimización, por consiguiente, tanto la función objetivo como las restricciones que se consideran son lineales o son linealizadas automáticamente.

Con todo esto, creemos aportar un nuevo método de generación y optimización de distribuciones en planta de edificios, apoyado sobre una base de nuevas formulaciones teóricas, a partir de las cuales, pueden desarrollarse futuras investigaciones en el campo del diseño arquitectónico asistido por ordenador, que hagan de éste una poderosa herramienta de diseño al servicio del arquitecto.

EJEMPLO

Si consideramos el ejemplo propuesto en el artículo anterior en el que se definían las siguientes relaciones y condiciones entre los distintos espacios que constituían la vivienda:

- Vestíbulo	- Dormitorio 1	- Cocina
- Distribuidor	- Dormitorio 2	- Lavadero
- Aseo	- Dormitorio 3	- Garage
- Baño	- Comedor	- Estar

Con una superficie y dimensiones mínimas de:

Local	Long.min.	Sup. min.
Planta total	6.00	—
Vestíbulo	1.50	—
Distribuidor	1.50	—
Aseo	1.40	—
Baño	1.70	—
Dormitorio 1	3.00	12.00
Dormitorio 2	3.00	12.00
Dormitorio 3	3.00	—
Comedor	3.00	—
Cocina	2.50	10.00
Lavadero	2.00	—
Garage	2.50	15.00
Estar	3.00	18.00

Numeramos las estancias a partir del cinco —pues del uno al cuatro quedan reservados a las orientaciones básicas—:

1. Norte	5. Vestíbulo	9. Dormitorio 1	13. Cocina
2. Oeste	6. Distribuidor	10. Dormitorio 2	14. Lavadero
3. Sur	7. Aseo	11. Dormitorio 3	15. Garage
4. Este	8. Baño	12. Comedor	16. Estar

Las adyacencias son las siguientes:

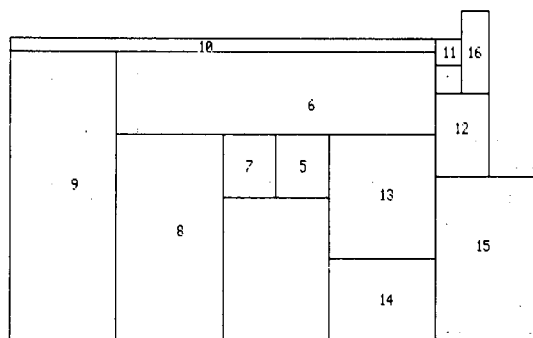
5-6	5-13	7-8	9-10	11-6	12-16	11-16	16-1
5-7	7-6	8-9	10-11	6-12	13-12	13-14	13-15
15-4	14-3	10-2	2-9				

Fijamos además las orientaciones de las particiones siguientes:

6-13	Horizontal
6-12	Vertical
6-11	Horizontal
6-10	Vertical
6-9	Horizontal
13-12	Horizontal
12-15	Vertical
10-11	Vertical

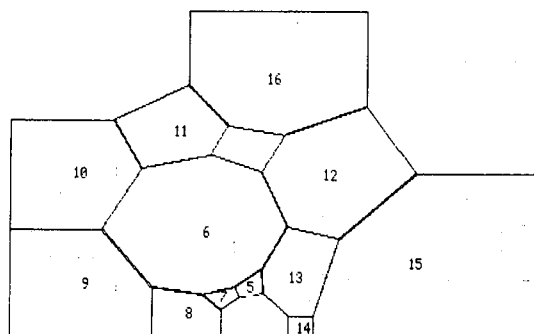
La función objetivo a minimizar es:

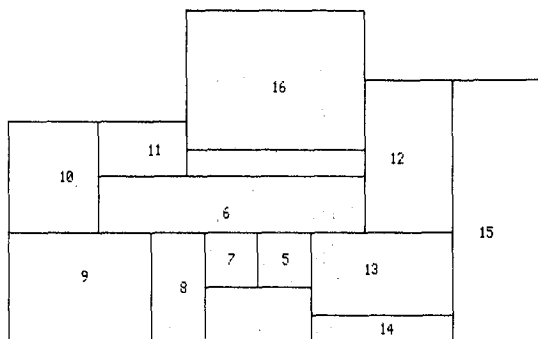
$$\min. : \sum_{i=1}^n x_i + \sum_{j=1}^n y_j$$



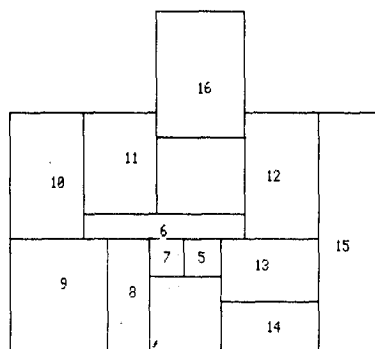
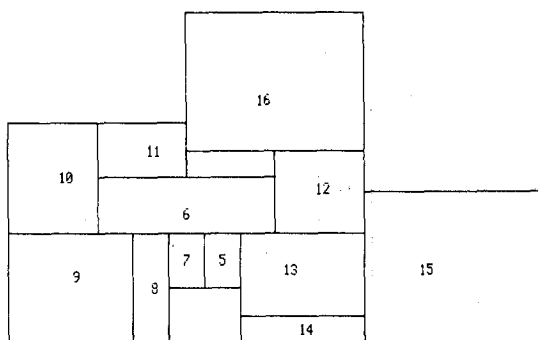
Introducir nueva arista ((0 salir, =0 real->pseudo): -9 - 3
 Introducir nueva arista ((0 salir, =0 real->pseudo): -15 - 14
 Introducir nueva arista ((0 salir, =0 real->pseudo): -15 - 12
 Introducir nueva arista ((0 salir, =0 real->pseudo): -15 - 3

Esquema adimensional que satisface todas las restricciones propuestas

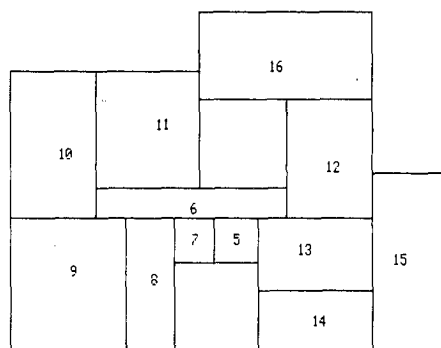
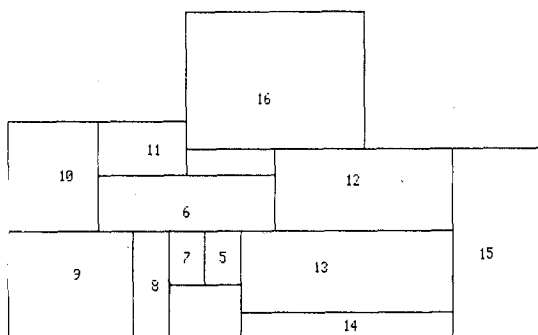




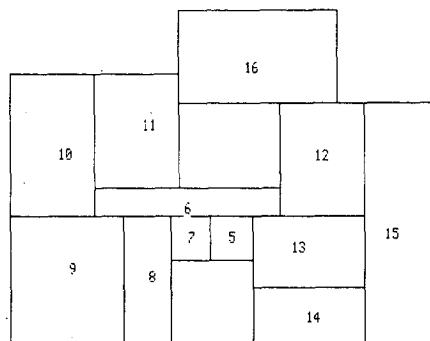
SOLUCION 1

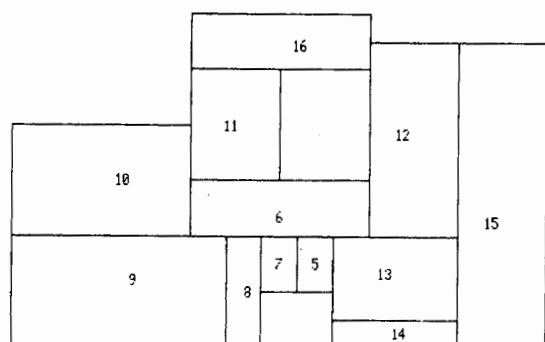
SOLUCION 1
(dimensionada)

SOLUCION 2

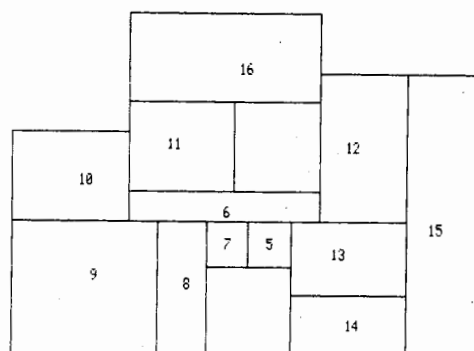
SOLUCION 2
(dimensionada)

SOLUCION 3

SOLUCION 3
(dimensionada)

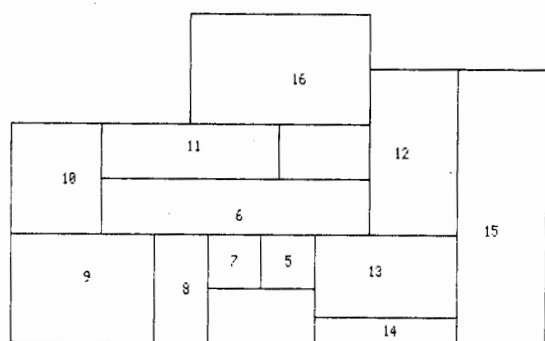


SOLUCION 4

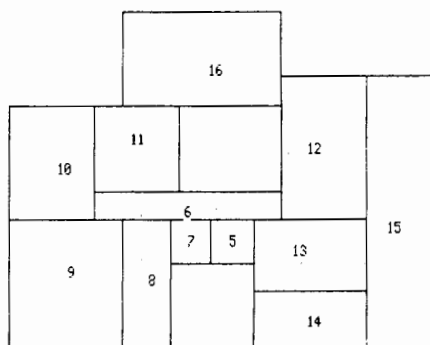


SOLUCION 4

(dimensionada)

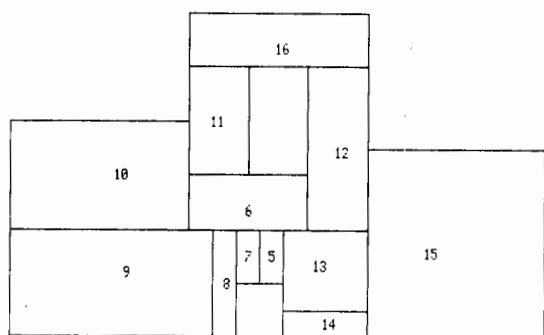


SOLUCION 5

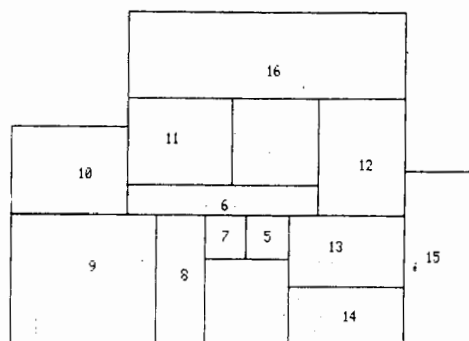


SOLUCION 5

(dimensionada)

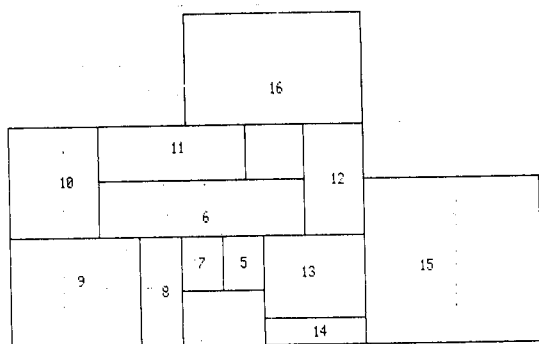


SOLUCION 6

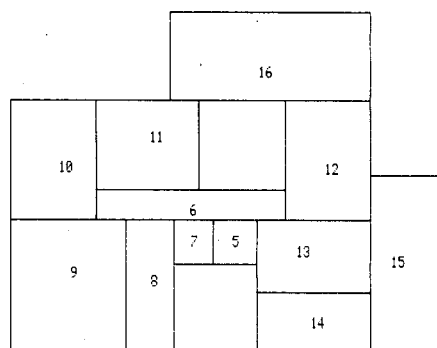
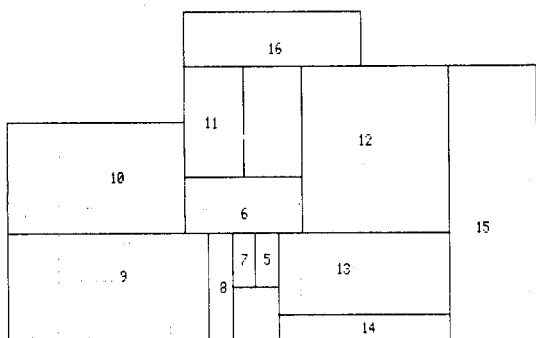


SOLUCION 6

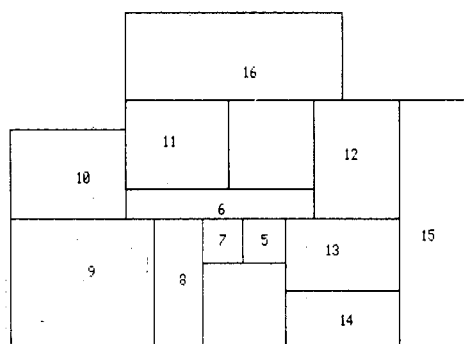
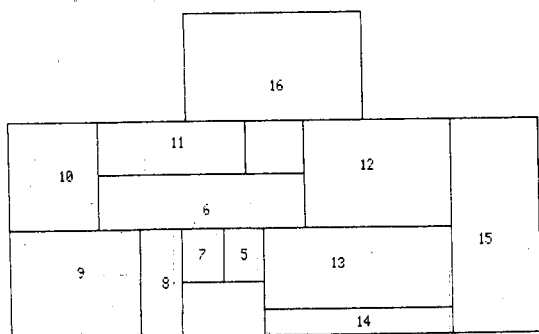
(dimensionada)



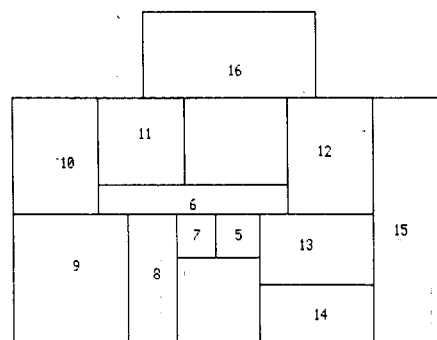
SOLUCION 7

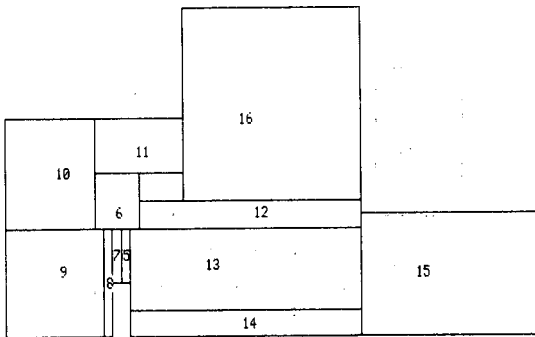
SOLUCION 7
(dimensionada)

SOLUCION 8

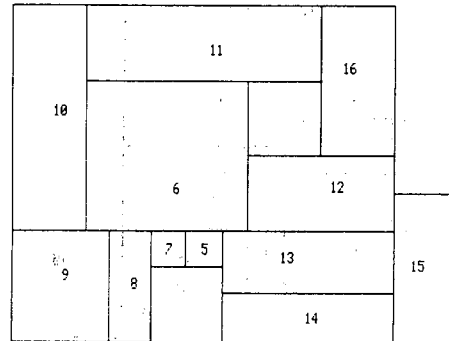
SOLUCION 8
(dimensionada)

SOLUCION 9

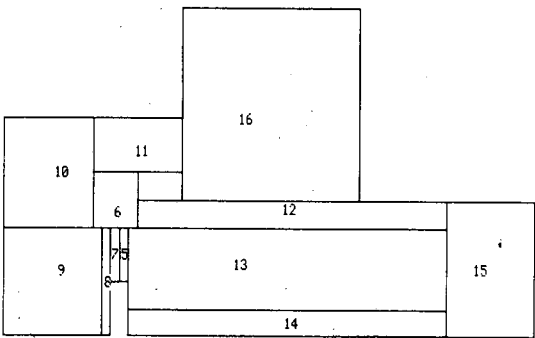
SOLUCION 9
(dimensionada)



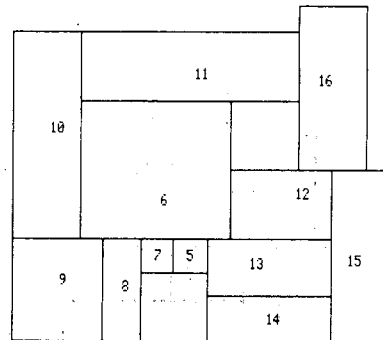
SOLUCION 10



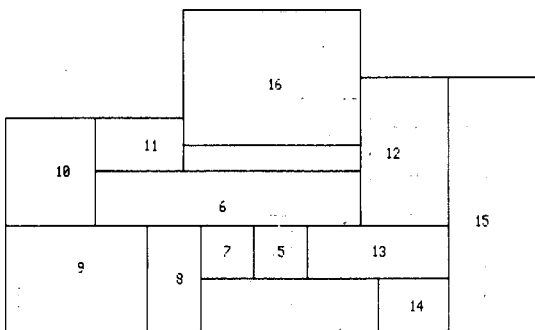
SOLUCION 10
(dimensionada)



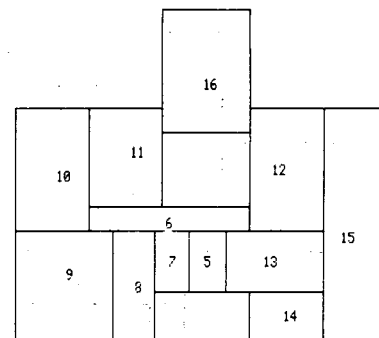
SOLUCION 11



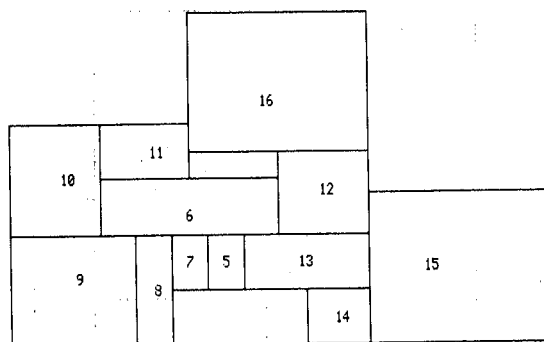
SOLUCION 11
(dimensionada)



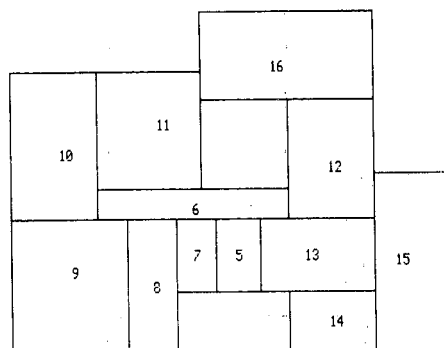
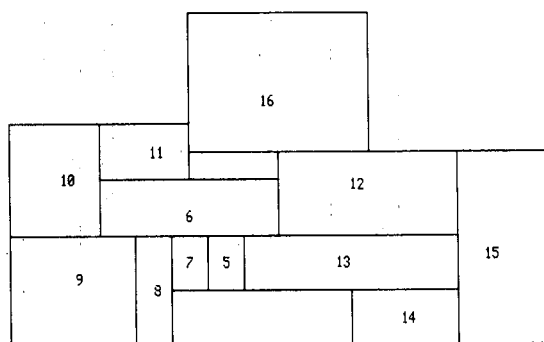
SOLUCION 12



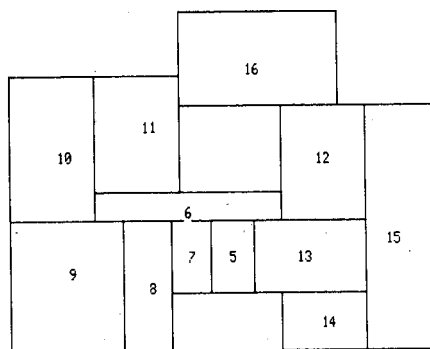
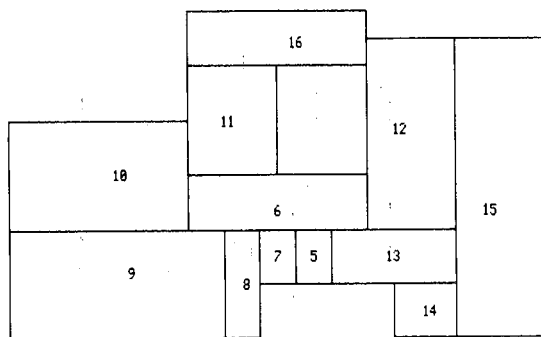
SOLUCION 12
(dimensionada)



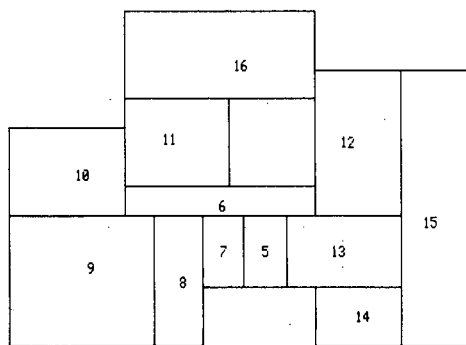
SOLUCION 13

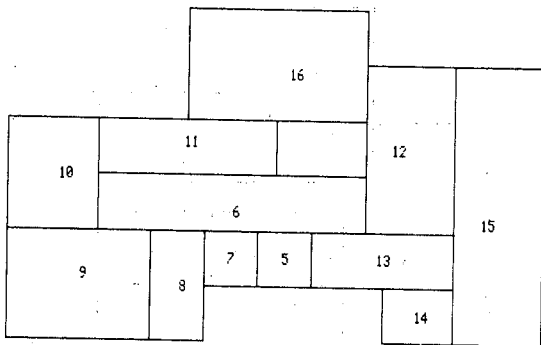
SOLUCION 13
(dimensionada)

SOLUCION 14

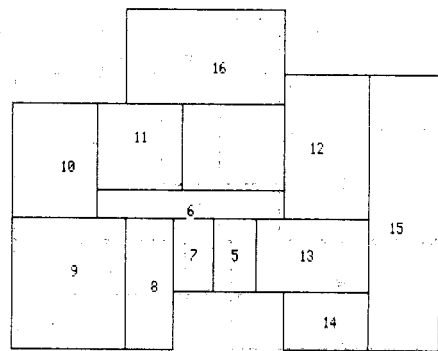
SOLUCION 14
(dimensionada)

SOLUCION 15

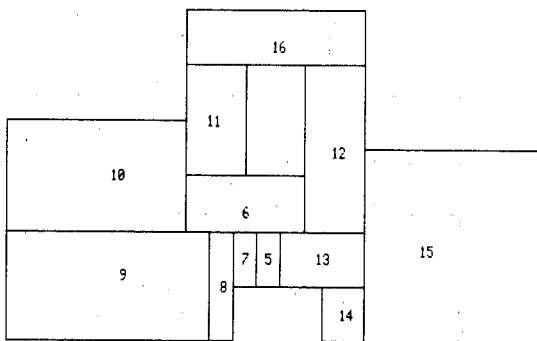
SOLUCION 15
(dimensionada)



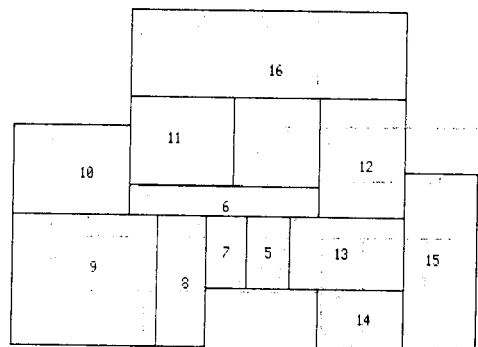
SOLUCION 16



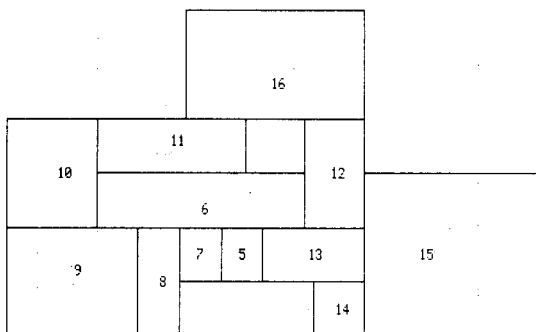
SOLUCION 16
(dimensionada)



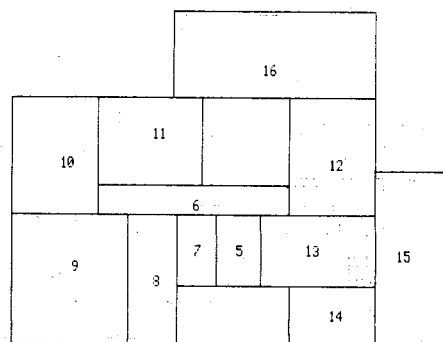
SOLUCION 17



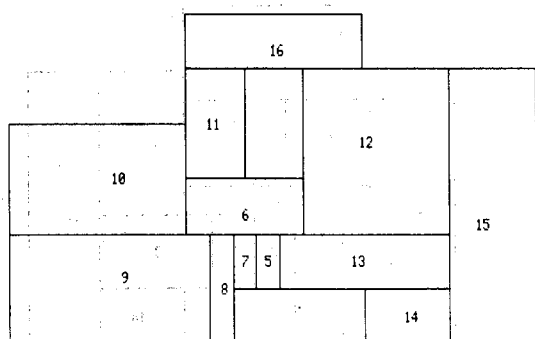
SOLUCION 17
(dimensionada)



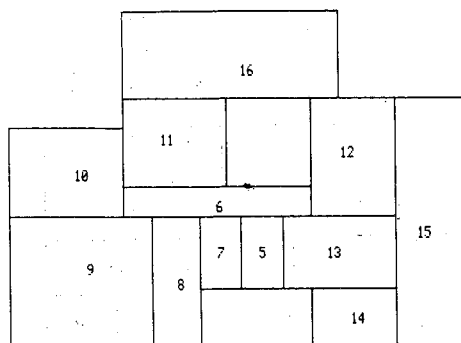
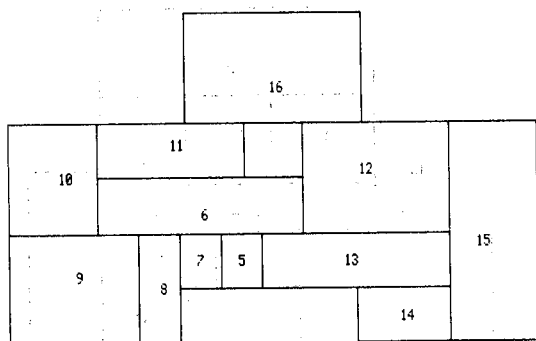
SOLUCION 18



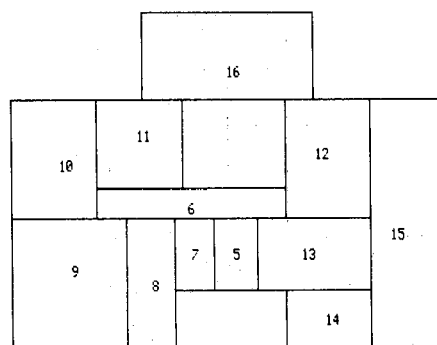
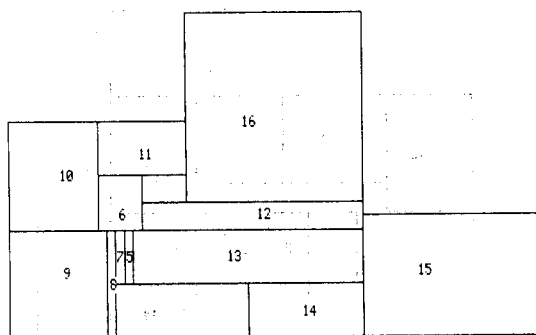
SOLUCION 18
(dimensionada)



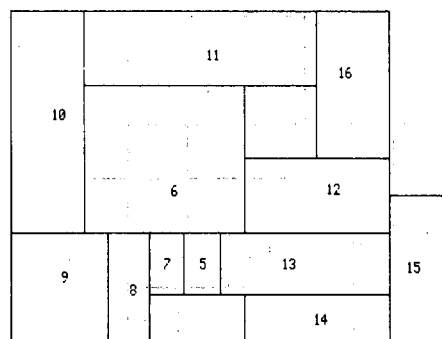
SOLUCION 19

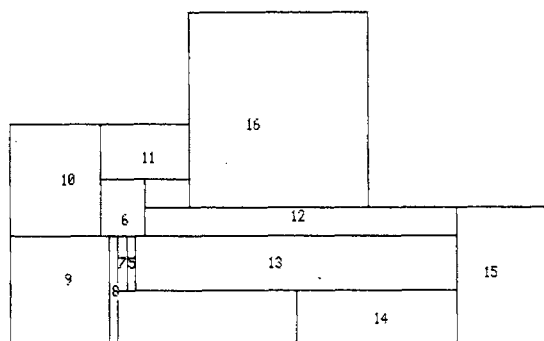
SOLUCION 19
(dimensionada)

SOLUCION 20

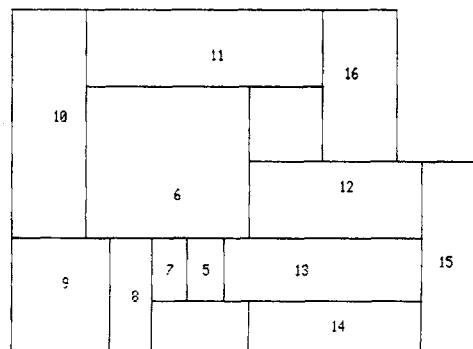
SOLUCION 20
(dimensionada)

SOLUCION 21

SOLUCION 21
(dimensionada)



SOLUCION 22



SOLUCION 22
(dimensionada)

REFERENCIAS

1. I. Baybars y C.M. Eastman, "Enumerating architectural arrangements by generating their underlying graphs", *Environment & Planning B*, Vol. 7, pp. 289-310, (1980).
2. J. Canivell, "Generación automática de distribuciones en planta", *Revista Internacional de Métodos Numéricos para el Cálculo y Diseño en Ingeniería*, Vol. 4, no. 1, pp. 1-30, (1988).
3. C.M. Eastman, "Representations for space planning", *Communications of the ACM*, Vol. 13, no. 4, pp. 242-250, (1970).
4. U. Flemming, "Wall representations or rectangular dissections and their use in automated space allocation", *Environment & Planning B*, Vol. 5, pp. 215-232, (1978).
5. J. Gilleard, "LAYOUT —a hierarchical computer model for the production of architectural floor plans", *Environment & Planning B*, Vol. 5, pp. 233-241, (1978).
6. M. Krejcirik, "Computer-aided plant layout", *Computer Aided Design*, Otoño, pp. 7-19, (1969).
7. P.H. Levin, "Use the graphs to decide the optimum layout of buildings", *The Architect's Journal Information*, Vol. 7, pp. 809-815, (1964).
8. W.J. Mitchell, J.P. Steadman y R.S. Ligget, "Synthesis and optimisation of small regular floor plans", *Environment & Planning B*, Vol. 3, pp. 37-70, (1976).
9. W.J. Mitchell, *Computer-Aided Architectural Design*, Mason/Charter Publisher, Nueva York, (1977).
10. J.J. Sendra, "Generación y optimización automática de esquemas de distribución de edificios en planta", *Tesis doctoral*, E.T.S. de Arquitectura, Universidad de Sevilla, (1984).
11. E. Shavid y D. Gali, "A model for space allocation in complex buildings: A computer graphic approach", *Build International*, Vol. 7, pp. 439-518, (1984).
12. J.P. Steadman, *Architectural Morphology*, Pion Limited, Londres, (1983).
13. W.T. Tutte, "How to draw a graph", *Proc. London Math. Soc.*, Vol. 3, no. 13, pp. 743-768, (1963).